

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-044965

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H02M 9/04

H03K 17/80

(21)Application number : 2000-222362

(71)Applicant : NGK INSULATORS LTD

(22)Date of filing : 24.07.2000

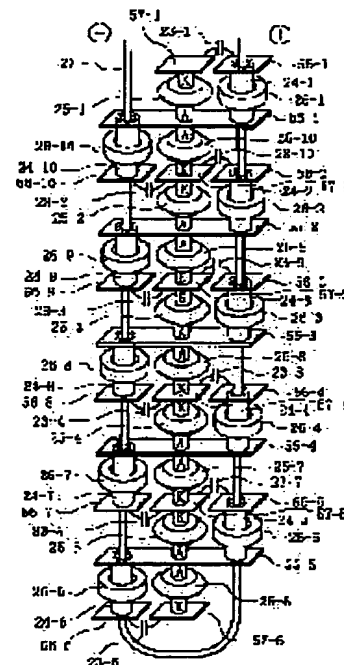
(72)Inventor : IIDA KATSUJI  
HATANO TATSUHIKO  
SAKUMA TAKESHI  
SHIONOYA WATARU

## (54) SWITCHING UNIT FOR PULSE-POWER GENERATION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a switch unit for a pulse-power generation that will not break by application of an overvoltage to a semiconductor switch, even if variations occur in a plurality of properties of the semiconductor switch and variation in the turn-on timing, having no need for conducting insulation between drive circuits, and having a simple and easy structure for manufacturing.

**SOLUTION:** A plurality of capacitors 23 are connected in parallel with a DC power source, a series circuit, consisting of flat semiconductor switches 25 and primary side conductors 24 is connected in shunt with each of the capacitors, and each primary side conductor is magnetically connected to each of a plurality of magnetic cores 25. Also there is mounted one string of a secondary side conductor 27, that is magnetically connected to each of the magnetic cores. Rows of the magnetic cores and the flat semiconductor switches are disposed in parallel, the cylindrical primary-side conductor 24 is mounted at the center opening of the row of the magnetic cores, and the secondary-side conductor 27 is inserted in linear fashion into the row of the magnetic cores.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] At least 1 of the magnetic-core train which has arranged two or more magnetic cores in the said alignment train, At least 1 of the Taira form solid state switch train which has arranged two or more Taira form solid state switches in the said alignment train is established in parallel mutually. Arrange a pressure plate to the both ends of said Taira form solid state switch train, respectively, and a Taira form solid state switch train is held through an elastic member among these pressure plates. The primary side which consists of cylinders of the electrical conducting material which penetrates each main opening of two or more magnetic cores of said magnetic-core train the end of a conductor It connects with one main electrode of each Taira form solid state switch through the 1st electrode member which extends in the array direction and the direction which intersects perpendicularly. The primary side which penetrates main opening of each of said magnetic core the other end of a conductor It connects with one terminal of a capacitor through the 1st [ said ] electrode member and the 2nd electrode member which extends in parallel, respectively in the array direction and the direction which intersects perpendicularly. The other end of each capacitor is connected to the main electrode of another side of each Taira form solid state switch. It constitutes so that the node of each capacitor and the main electrode of another side of a Taira form solid state switch may be connected common to the other-end child of DC power supply, while connecting said 2nd electrode member common to one terminal of DC power supply. the secondary which consisted of one conductor which penetrates linearly main opening of two or more magnetic cores of said magnetic-core train -- the switching equipment for pulse power generating characterized by having prepared the conductor and preparing two or more drive circuits which drive each of two or more of said Taira form solid state switches, respectively.

[Claim 2] The 1st [ which has the magnetic core of the same number, respectively ], and 2nd magnetic-core trains, and the Taira form solid state switch train of one train which has a Taira form solid state switch equal to the number of all magnetic cores are arranged side by side in parallel mutually. While arranging in this Taira form solid state switch train so that a sequential Taira form solid state switch may serve as reverse sense, a sequential Taira form solid state switch is connected to a conductor by turns a primary the magnetic core of said 1st and 2nd magnetic-core trains side. Main opening of said 1st magnetic-core train is penetrated for a conductor in the shape of a straight line from the 1st direction. said secondary -- Switching equipment for pulse power generating according to claim 1 characterized by constituting main opening of said 2nd magnetic-core train from one conductor penetrated from the 2nd direction opposite to the 1st direction after being bent in the shape of about U characters.

[Claim 3] The 1st electrode member which connects the end of a conductor to one corresponding main electrode of a Taira form solid state switch the primary side which penetrates main opening of each magnetic core of said 1st magnetic-core train Switching equipment for pulse power generating according to claim 2 characterized by constituting in one the 1st electrode member which connects the end of a conductor to one corresponding main electrode of a solid state switch the primary side which penetrates main opening of the magnetic core to which said 2nd magnetic-core train corresponds.

[Claim 4] Switching equipment for pulse power generating given in any of claims 2 or 3 characterized by having seen said 1st and 2nd magnetic-core trains in the array direction, and having arranged them so that a magnetic core may lap partially they are.

[Claim 5] Arrange mutually 1 of said magnetic-core train train, and 1 of said Taira form solid state switch train train side by side in parallel, and it sets in this Taira form solid state switch train. while arranging a sequential

Taira form solid state switch in the same direction -- between sequential Taira form solid state switches -- insulating separation -- carrying out -- said secondary -- the switching equipment for pulse power generating according to claim 1 characterized by constituting a conductor from a conductor of the shape of a straight line which penetrates main opening of said magnetic-core train.

[Claim 6] Arrange mutually the 1st and 2nd magnetic-core trains and the 1st and 2nd Taira form solid state switch trains side by side in parallel, and it sets in the 1st Taira form solid state switch train. While arranging a sequential Taira form solid state switch in the same direction, carry out insulating separation of between sequential Taira form solid state switches, and it sets in the 2nd Taira form solid state switch train. Insulating separation of between the sequential Taira-both type solid state switches which arrange a sequential Taira form solid state switch in the direction opposite to the array direction of the Taira form solid state switch in said 1st Taira form solid state switch train is carried out. Main opening of said 1st magnetic-core train is penetrated for a conductor in the shape of a straight line from the 1st direction. said secondary -- Switching equipment for pulse power generating according to claim 1 characterized by having been bent in the shape of about U characters, and constituting main opening of said 2nd magnetic-core train from one conductor penetrated in the shape of a straight line from the 2nd direction opposite to the 1st direction.

[Claim 7] Switching equipment for pulse power generating given in any of claims 1-6 characterized by having made said Taira form solid state switch into the electrostatic-induction thyristor, and making said drive circuit into a gate drive circuit they are.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technique in which invention belongs] This invention relates to the solid state switch equipment for generating the pulse power of a high-voltage high current.

[0002]

[Description of the Prior Art] For example, in order to generate the plasma, it starts steeply, and it is necessary to generate the pulse with very narrow width of face of the high current of thousands A, and to make it discharge by the high voltage of about ten kV to hundreds of kV. Drawing 1 shows the conceptual diagram of such a discharge circuit. After usually charging to the high voltage E0 of DC power supply P over the time amount of ms order by the current control component which do not illustrate the capacitor C which constitute the electrostatic capacity which be an energy are recording component, switch-on of the switching element SW which perform ultra high-speed switching operation be carry out, and it be constitute so that the high voltage may be impress and may be make to discharge in the discharge section H through a conductor with a very low inductance (for L to show the inductance).

[0003] Although the thyatron which is a kind of the thermionic tube which can operate by the high voltage and the high current as a ultra high-speed switching element SW has generally been used conventionally, there is a problem which is described below.

- (1) Actuation on a high repeat frequency cannot be performed.
- (2) There is a malfunction by mistake ignition.
- (3) A life is short, a maintenance is troublesome and cost increases.
- (4) A heating circuit and the Gascon trawl are required and a configuration is complicated.
- (5) There is a jitter especially at the time of switching-on, and dependability of operation is missing.

[0004] On the other hand, the solid state switch is developed with power electronics, and the thing in which high-speed switching is possible is appearing by the high voltage and the high current in recent years. The electrostatic-induction thyristor (usually called SI thyristor) attracts attention as a solid state switch for pulse power especially. However, since transposing such a SI thyristor to the thyatron which is the conventional switch directly runs short of withstand voltage greatly, he connects many SI thyristors S-1 - S-n to a serial, and is trying to share a circuit electrical potential difference, as shown in drawing 2.

[0005] Since it is necessary to make DC power supply P into the high voltage in the conventional switching circuit for pulse power generating, to become large-scale, as mentioned above, and to make Capacitor C into the thing of high pressure-proofing, there are the following problems in the solid state switch which connected many SI thyristors S-1 - S-n to the serial while the large-sized and expensive thing was needed.

[0006] There is imbalance of the assignment electrical potential difference by dispersion in the property of a solid state switch, especially the leakage current at the time of electrical-potential-difference impression OFF, and component sorting for doubling the property of many solid state switches as much as possible is needed. However, for imbalance adjustment, since there is a limitation also in this component sorting, as shown in drawing 2, the balancer resistance R-1 - R-n have been connected to each thyristor S-1 - S-n, and juxtaposition. It is necessary to pass an about 10 times [ of the leakage current which flows a thyristor S-1 - S-n ] big current, and big loss occurs in this balancer resistance R-1 - R-n by resistance, and there is a problem to which effectiveness falls in them. Moreover, there is also a processing problem of the heat generated in the balancer resistance R-1 - R-n. Furthermore, the imbalance of a transient-voltage assignment is also mentioned as a big

trouble at the time of the turn-on by the variation in the airraid stray capacity of each thyristor.

[0007] If dispersion is in the trigger timing of many thyristors S-1 - S-n, since an excessive electrical potential difference will be impressed to the thyristor which was in the turn-on and this will be destroyed, it is necessary to make the trigger timing of many thyristors S-1 - S-n correctly in agreement. However, it is very difficult to make the trigger timing of many thyristors S-1 - S-n correctly in agreement. Similarly, when one thyristor carries out a turn-on by malfunction, an overvoltage is impressed to other thyristors and there is a problem of destroying this.

[0008] As shown in drawing 2, the gate drive circuit D-1 - D-n which drive a thyristor S-1 - S-n are prepared for every thyristor, but since many thyristors share the high voltage and the potentials of these gate drive circuits D-1 - D-n differ greatly, it is necessary to insulate mutually the power source and gate driving signal of each gate drive circuit. The withstand voltage in this case amounts also to dozens of kV, and it poses a big problem also in respect of dependability of operation while circuitry becomes very complicated.

[0009] For the \*\* reason by which the high voltage of dozens of kV is impressed also to the thyristor S-1 connected to the serial - S-n, between device parts, such as a chassis, is considered as an oil-immersed insulation, or in addition to a great device being needed, it is difficult to perform a perfect insulation and a problem is in dependability of operation too.

[0010] this invention person etc. has already proposed the switching circuit for pulse power generating which the various faults of the switching circuit which has arranged to the serial many conventional solid state switches mentioned above are canceled or mitigated, an excessive electrical potential difference does not need to be impressed to a solid state switch even if there is dispersion in a solid state switch or dispersion is in trigger timing, therefore does not need to break, and does not moreover need to perform an advanced insulation between drive circuits.

[0011] this switching circuit for pulse power should connect two or more capacitors to common DC power supply and juxtaposition, and should pass a conductor the primary side magnetically combined with each of two or more magnetic cores by each of these capacitors, and juxtaposition -- two or more secondaries which connected the solid state switch, respectively and were magnetically combined with each of two or more of said magnetic cores -- a conductor is connected to a serial so that the induced voltage generated in each magnetic core may be added.

[0012] In such a switching circuit for pulse power generating, since the electrical potential difference which shares the high voltage is not impressed to each solid state switch, even if dispersion is in the property of a solid state switch, a problem which a solid state switch destroys does not arise. Moreover, since the same electrical potential difference is impressed to all solid state switches, the high voltage is not impressed between drive circuits, therefore it is not necessary to insulate mutually between the power source of a drive circuit, and a signal, and all drive circuits can be operated with the same DC power supply and the same driving signal. Furthermore, since neither DC power supply nor a capacitor also needs the thing of the high voltage compared with the former, it is not necessary to use the thing of a special configuration, DC power supply and the capacitor which can usually come to hand easily can be used, and cost can also be reduced.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] such a switching circuit for pulse power generating -- setting -- a primary side -- a conductor and a secondary -- it becomes important when how it lets a conductor pass to main opening of a magnetic core manufactures actual switching equipment. especially -- a secondary -- the stray inductance by the conductor is made as small as possible, and it is made suitable for actuation by the RF -- being alike -- a secondary -- how a conductor is arranged poses a problem. While constituting in a compact as the whole switching equipment for pulse power generating furthermore, it is necessary to make it a manufacture process also become easy.

[0014] therefore -- while the purpose of this invention arranges efficiently two or more magnetic cores, solid state switches, and capacitors in the switching equipment for pulse power generating which has circuitry which was mentioned above -- a primary side -- a conductor and a secondary -- by arranging a conductor appropriately, it is suitable for high frequency operation, can constitute in a compact, and is going to offer switching equipment for pulse power generating with which a manufacture process moreover also becomes easy.

[0015]

[Means for Solving the Problem] The switching equipment for pulse power generating by this invention At least 1 of the magnetic-core train which has arranged two or more magnetic cores in the said alignment train, At least 1 of the Taira form solid state switch train which has arranged two or more Taira form solid state switches in the said alignment train is established in parallel mutually. Arrange a pressure plate to the both ends of said Taira form solid state switch train, respectively, and a Taira form solid state switch train is held through the elastic member for giving suitable contact pressure among these pressure plates. The primary side which consists of cylinders of the electrical conducting material which penetrates each main opening of two or more magnetic cores of said magnetic-core train the end of a conductor It connects with one main electrode of each Taira form solid state switch through the 1st electrode member which extends in the array direction and the direction which intersects perpendicularly. The primary side which penetrates main opening of each of said magnetic core the other end of a conductor It connects with one terminal of a capacitor through the 1st [ said ] electrode member and the 2nd electrode member which extends in parallel, respectively in the array direction and the direction which intersects perpendicularly. The other end of each capacitor is connected to the main electrode of another side of each Taira form solid state switch. It constitutes so that the node of each capacitor and the main electrode of another side of a Taira form solid state switch may be connected common to the other-end child of DC power supply, while connecting said 2nd electrode member common to one terminal of DC power supply. the secondary which consisted of one conductor which penetrates linearly main opening of two or more magnetic cores of said magnetic-core train -- it is characterized by having prepared the conductor and preparing two or more drive circuits which drive each of two or more of said Taira form solid state switches, respectively.

[0016] In the suitable example of the switching equipment for pulse power generating by this invention The 1st which has the magnetic core of the same number, respectively, and the magnetic-core train of the 2nd two train, Arrange mutually in parallel the Taira form solid state switch train of one train which has a Taira form solid state switch equal to the number of all magnetic cores side by side, and it sets in this Taira form solid state switch train. While arranging so that a sequential Taira form solid state switch may serve as reverse sense, a sequential Taira form solid state switch is connected to a conductor by turns a primary the magnetic core of said 1st and 2nd magnetic-core trains side. said secondary -- after penetrating main opening of said 1st magnetic-core train in the shape of a straight line from the 1st direction and bending a conductor in the shape of about U characters, main opening of said 2nd magnetic-core train consists of one conductor penetrated from the 2nd direction opposite to the 1st direction. The 1st electrode member which connects the end of a conductor to one corresponding main electrode of a Taira form solid state switch in such an example the primary side which penetrates main opening of each magnetic core of said 1st magnetic-core train It is suitable to constitute in one the 1st electrode member which connects the end of a conductor to one corresponding main electrode of a solid state switch the primary side which penetrates main opening of the magnetic core to which said 2nd magnetic-core train corresponds. Thus, in the example which established the 1st and 2nd magnetic-core trains, these [ 1st ] and the 2nd magnetic-core train can be seen in the array direction, and can be made still compacter by arranging so that a magnetic core may lap partially.

[0017] In other examples of the switching equipment for pulse power generating by this invention Arrange mutually 1 of said magnetic-core train train, and 1 of said Taira form solid state switch train train side by side in parallel, and it sets in this Taira form solid state switch train. while arranging a sequential Taira form solid state switch in the same direction -- between sequential Taira form solid state switches -- insulating separation -- carrying out -- said secondary -- a conductor consists of one conductor of the shape of a straight line which penetrates main opening of said magnetic-core train.

[0018] In the example of further others of the switching equipment for pulse power generating by this invention Arrange mutually the 1st and 2nd magnetic-core trains and the 1st and 2nd Taira form solid state switch trains side by side in parallel, and it sets in the 1st Taira form solid state switch train. While arranging a sequential Taira form solid state switch in the same direction, carry out insulating separation of between sequential Taira form solid state switches, and it sets in the 2nd Taira form solid state switch train. Insulating separation of between the sequential Taira-both type solid state switches which arrange a sequential Taira form solid state switch in the direction opposite to the array direction of the Taira form solid state switch in said 1st Taira form solid state switch train is carried out. said secondary -- main opening of said 1st magnetic-core train is penetrated for a conductor in the shape of a straight line from the 1st direction, it is bent in the shape of about U

characters, and main opening of said 2nd magnetic-core train consists of one conductor penetrated in the shape of a straight line from the 2nd direction opposite to the 1st direction.

[0019] Furthermore, in this invention, it is suitable to make said Taira form solid state switch into an electrostatic-induction thyristor, and especially to make said drive circuit into a gate drive circuit. In this case, since the potential of each gate drive circuit becomes the same, it becomes unnecessary to insulate these mutually and allowances will arise to arrangement of these gates drive circuit, and while being able to attain miniaturization also by this, simplification of a manufacture process can be attained.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Drawing 3 is the circuit diagram showing the fundamental circuitry of the switching equipment for pulse power generating by this invention. Two or more capacitors 12-1 - 12-n are connected to juxtaposition, and the series circuit of a conductor 14-1 - 14-n is connected to DC power supply 11 at each of these capacitors, and juxtaposition a solid state switch 13-1 - 13-n, and a primary side. A conductor 14-1 - 14-n are magnetically combined with each of two or more magnetic cores 15-1 - 15-n the each primary side. two or more secondaries magnetically combined with each of the magnetic core 15-1 of further these plurality - 15-n -- a conductor 16-1 - 16-n are mutually connected and prepared in a serial. these secondaries -- the both ends of the series circuit of a conductor 16-1 - 16-n are connected to the discharge section 17. Moreover, as for two or more solid state switches 13-1 - 13-n, turning on and off is controlled by the drive circuit 18-1 - 18-n.

[0021] Actuation of the switching equipment for pulse power generating by such this invention is explained below. First, coincidence is charged comparatively slowly by the current control function in which two or more capacitors 12-1 - 12-n are not illustrated from DC power supply 11 by making all the solid state switches 12-1 - 12-n into an OFF state. If the electrical potential difference of DC power supply 11 is now set to E, the terminal voltage of each capacitor 12-1 - 12-n will also be charged to E. If desired output voltage is set to E0, the electrical potential difference E of these DC power supply 11 has dropped to that 1/n, so that it may mention later.

[0022] Next, the drive circuit 18-1 - 18-n are driven to coincidence, the turn-on of a solid state switch 13-1 - the 13-n is carried out to coincidence, and each charge of a capacitor 12-1 - 12-n is made to discharge through each of a conductor 14-1 - 14-n a primary side. thus, the discharge current which flows a conductor 14-1 - 14-n a primary side -- a secondary -- induction of the secondary electrical potential difference is carried out to each of a conductor 16-1 - 16-n. now and a primary side -- a conductor 14-1 - 14-n, and a secondary -- in order to make small the stray inductance by the conductor 16-1 - 16-n, these conductors shall be wound once around the magnetic core in this case, a primary side -- a conductor 14-1 - 14-n, and a secondary -- the winding ratio between a conductor 16-1 - 16-n -- 1 -- becoming -- these secondaries -- induction of the electrical potential difference E equal to the electrical potential difference of DC power supply 11 is carried out to each of a conductor 16-1 - 16-n. moreover, these secondaries -- since it connects with the serial so that the electrical potential difference by which boils a conductor 16-1 - 16-n, respectively, and induction is carried out may be added -- these secondaries -- the high voltage of a request of  $nxE=E0$  will appear in the both ends of the series circuit of a conductor 16-1 - 16-n.

[0023] It seems that dispersion is in the property of a solid state switch 13-1 - 13-n, and too much high voltage is not impressed to a solid state switch, therefore it does not destroy in the switching equipment for pulse power generating by such this invention even if it does not become a turn-on at coincidence. Moreover, since the same electrical potential difference is impressed to all the solid state switches 13-1 - 13-n, the high voltage is not impressed to the drive circuit 18-1 - 18-n, therefore it is not necessary to insulate mutually the power source and driving signal of these drive circuits. Furthermore, DC power supply 11 do not need to generate the high voltage, and a capacitor 12-1 - 12-n do not need to use the thing of the high voltage, either. Thus, although it becomes more complicated [ circuitry itself ] a little than the conventional switching circuit for pulse power generating shown in drawing 1 , since it moreover is not necessary to make not each component into the thing of high pressure-proofing, and to perform a special insulation, the configuration as the whole becomes very easy and cost will also reduce it.

[0024] Drawing 4 is the circuit diagram showing the circuitry of one example of the switching equipment for pulse power generating by this invention in  $n=10$ . A current-limiting resistor 22 is connected to DC power supply 21 and a serial, and ten capacitors 23-1 to 23-10 are connected to the series circuit of these DC power

supplies and a current-limiting resistor, and juxtaposition. One terminal of these capacitors 23-1 to 23-10 is connected to the anode of the Taira form electrostatic-induction thyristor 25-1 to 25-10 through each of a conductor 24-1 to 24-10 by the Taira form (press pack form) solid state switch and this example a primary side, and the cathode of these thyristors is connected to the other-end child of a capacitor 23-1 to 23-10. One \*\*\*\*\* of each of a conductor 24-1 to 24-10 is wound around the magnetic core 26-1 to 26-10 the primary side. furthermore -- two or more magnetic cores 26-1 to 26-10 -- a secondary -- one conductor 27 which acts as a conductor is connected to a serial, and the both ends of through and this conductor are connected to the discharge section 28. Moreover, between each cathodes and gates of two or more thyristors 25-1 to 25-10, the gate drive circuit 29-1 to 29-10 is connected, respectively.

[0025] Since actuation of the switching circuit for pulse power generating of this example is the same as actuation of the basic circuit shown in drawing 3 mentioned above, the detailed explanation is omitted. In this example, since DC power supply 21 will also be set to several kV if withstand voltage of the solid state switch to be used is set to several kV, it becomes possible to output the high voltage of dozens of kV to the discharge section 28. Since an advanced insulation like oil immersed of DC power supply 21 which is unnecessary as for a several kV thing, then what also has the good and special components which will be used if it is a power source of this level is also unnecessary, it can consider as an easy and cheap thing. Furthermore, the capacitor 23-1 to 23-10 and the thyristor 25-1 to 25-10 have also been the things of pressure-proofing of about several kV enough, and can be made small and cheap. And since the cathode of all the thyristors 25-1 to 25-10 serves as this potential, the high voltage is not impressed among gate drive circuit 29-1 - 29 -10, and it is not necessary to insulate these mutually.

[0026] The front view in which drawing 5 -9 show the 1st example of the switching equipment for pulse power generating by this invention, and drawing 5 shows the configuration of the whole, the side elevation in which drawing 6 is the same and showing the part in a cross section, and drawing 7 are the same, and the top view of the one unit, the perspective view in which drawing 8 shows arrangement of a magnetic-core train and a solid state switch train, and drawing 9 are the side elevations showing a part of magnetic-core train of two trains. In this example, five magnetic cores are divided into the 1st and 2nd magnetic-core trains 51 and 52 in which each arranged ten magnetic cores 26-1 to 26-10 in the said alignment, and these [ 1st ] and the 2nd magnetic-core train are mutually arranged to juxtaposition.

[0027] Moreover, the Taira form thyristor train 53 which arranged ten Taira form thyristors 25-1 to 25-10 in the said alignment is arranged in parallel with the 1st and 2nd magnetic-core trains 51 and 52. In this Taira form thyristor train 53, while changing that sense by turns and arranging it so that sequential anodes and cathodes of a Taira form thyristor may be connected, a sequential Taira form solid state switch is connected to a conductor by turns a primary the magnetic core of the 1st and 2nd magnetic-core trains 51 and 52 side. Moreover, between sequential Taira form thyristors, the laminating of the electric conduction plate for wiring a request is carried out. Namely, the laminating of the anode of the 1st Taira form thyristor 25-1 and the anode of the 10th Taira form thyristor 25-10 is carried out through the 1st electrode member 55-1. The laminating of the cathode of this 10th Taira form thyristor 25-10 and the cathode of the 2nd Taira form thyristor 25-2 is carried out through the 2nd electrode member 57-2. The anode of this 2nd Taira form thyristor 25-2, The laminating of the anode of the 9th Taira form thyristor 25-9 is carried out through the 1st electrode member 55-2, like the following, the laminating of the anodes of a sequential Taira form thyristor is carried out through the 1st electrode member, and the laminating of the cathodes is carried out through the 2nd electrode member. In addition, the cathode of the 1st Taira form thyristor 25-1 is connected to the 2nd electrode member 57-1, and the cathode of the 6th lower Taira form thyristor 25-6 is connected to the 2nd electrode member 57-6.

[0028] In this example, although a capacitor 23-1 to 23-10 is formed, these capacitors are arranged in 1 or two or more trains, and although this capacitor train is arranged in parallel with the 1st and 2nd magnetic-core trains 51 and 52 and the thyristor train 53, it omits by drawing 5 -9. In this invention, it is not necessary to necessarily arrange these capacitors to seriate, they can be arranged so that it may distribute around the thyristor train 53, and they can also improve a space factor.

[0029] Although drawing 9 mainly shows the parts of a magnetic core 26-2, 26-3, 26-8, and 26-9, a conductor 24-2, 24-3, 24-8, and 24-9 are formed with the conductive cylinder the primary side which penetrates main opening of these magnetic cores and extends, respectively. As shown also in drawing 8 , the primary side prepared in main opening of a magnetic core 26-2 here The end of a conductor 24-2 (a drawing lower limit),



The primary side prepared in main opening of the adjoining magnetic core 26-9 with the other end (a drawing upper limit) of a conductor 24-9 It is connected common to the 1st electrode member 55-2 inserted between the anode of the 2nd Taira form thyristor 25-2, and the anode of the 9th Taira form thyristor 25-9. The primary side similarly prepared in main opening of a magnetic core 26-3 The end of a conductor 24-3 (a drawing lower limit), It connects with the other end (a drawing upper limit) of a conductor 24-8 common to the 1st electrode member 55-3 inserted between the anode of the 3rd Taira form thyristor 25-3, and the anode of the 8th Taira form thyristor 25-8 the primary side prepared in main opening of the adjoining magnetic core 26-8. Moreover, the primary side prepared in main opening of a magnetic core 26-2, the other end (a drawing upper limit) of a conductor 24-2 is connected with the conductive member 56-2, and the end (a drawing lower limit) of a conductor 24-9 is connected with the conductive member 56-9 the primary side prepared in main opening of the adjoining magnetic core 26-9.

[0030] As shown in drawing 4 and 8, the 1st electrode member 55-1 to 55-5 is the Taira form thyristor 25-1, 25-10; 25-2, and 25-9, respectively.; -- It is inserted between the anodes of 25-5 and 25-6. Moreover, the conductive member 56-1 to 56-10 is connected to one terminal of a capacitor 23-1 to 23-10, respectively, and the other-end child of these capacitors is connected to the cathode of the Taira form thyristor 25-1 to 25-10, respectively. Furthermore, as shown in drawing 6 , the gate of the Taira form thyristor 25-1 to 25-10 is connected to the gate drive circuit 29-1 to 29-10, respectively. Moreover, a conductive member 56-1 is arranged at the same level as the 2nd electrode member 57-1, a conductive member 56-2 and 56-10 are arranged at the same level as the 2nd electrode member 57-2, and a conductive member and the 2nd electrode member are arranged like the following at the same level.

[0031] As shown in drawing 6 , the 1st and 2nd magnetic-core trains 51 and 52 As it is supported by the 1st electrode member 55-1 to 55-5 and conductive member 56-1 to 56-10 and is shown in drawing 8 main opening where the 1st magnetic-core train 51 aligned mutually is penetrated -- as -- a secondary -- a conductor 27 inserts in linearly -- having -- further -- this secondary -- a conductor After coming out of main opening of the magnetic core 26-5 of the lowest layer, it is turned up in the shape of about U characters, and it is arranged so that main opening where the 2nd magnetic-core train 52 aligned mutually may be penetrated linearly. therefore -- this example -- a secondary -- the both ends of a conductor will be taken out from the same equipment side.

[0032] Moreover, the Taira form thyristor train 53 is inserted between the up disk 61 and the lower disk 62, and these disks are connected by two shafts 63-1 and 63-2. In this example, in order to make it predetermined contact pressure join the Taira form thyristor train 53 at homogeneity, a disk spring 64 is inserted between the lower limit of a Taira form thyristor train, and the lower disk 62, and a ball 66 is inserted between the attachment components 65 and the up disks 61 which were prepared in the upper limit of a Taira form thyristor train.

[0033] Drawing 10 -12 show the configuration of the 2nd example of the switching equipment for pulse power generating by this invention, and attached and showed the same sign to the same part as the 1st example mentioned above. Five magnetic cores 26-1 to 26-5 are arranged in the said alignment, one magnetic-core train 51 is constituted, five Taira form thyristors 25-1 to 25-5 are arranged in the said alignment, and one Taira form thyristor train 53 consists of these examples. Moreover, four capacitor trains 54-1 to 54-4 are arranged around the Taira form thyristor train 53. These magnetic-cores train 51, the Taira form thyristor train 53, and the capacitor train 54-1 to 54-4 are arranged in parallel mutually.

[0034] main opening where the magnetic-core train 51 aligned mutually -- one secondary -- the conductor 27 is inserted in linearly. Moreover, the conductor 24-1 to 24-5 is inserted in main opening of each magnetic core 26-1 to 26-5 the primary side which consists of a conductive cylinder through an insulating ring. Each upper limit of a conductor 24-1 to 24-5 is connected to the anode of each thyristor 25-1 to 25-5 through the 1st electrode member 55-1 to 55-5 these primary sides. The other end is connected to one terminal of each capacitor 23-1 to 23-5 (each capacitor consists of parallel connection of four capacitors) through a conductive member 56-1 to 56-5. The other-end child of these capacitors connects with the cathode of a Taira form thyristor through the 2nd electrode member 57-1 to 57-5. As clearly shown in drawing 10 , the sequential Taira form thyristor 25-1 to 25-5 is arranged to the same direction, and insulating separation of between these is carried out with the insulating spacer 58-1 to 58-4.

[0035] The Taira form thyristor train 53 is pinched between the up disk 61 and the lower disk 62, and these disks are connected by two shafts 63-1 and 63-2. However, in this example, between the upper limit of the Taira

form thyristor train 53, and the up disk 61, the insulating washer 67 and the swivel washer 68 are inserted, and the insulating washer 69 and the elastic member 70 are inserted between the lower limit of the Taira form thyristor train 53, and the lower disk 62.

[0036] it mentioned above -- as -- this example -- a secondary -- since the conductor 27 is arranged so that one magnetic-core train 51 may be penetrated, the both ends are taken out from the both sides of equipment. moreover -- the 1st example -- this secondary -- although the conductor 27 was turned up in the shape of U character, since one magnetic-core train 151 is only penetrated in the shape of a straight line in this example -- a secondary -- processing of a conductor becomes easy.

[0037] This invention is not limited only to the example mentioned above, and many modification and deformation are possible for it. For example, although the electrostatic-induction thyristor suitable for switching the high voltage and a high current as a solid state switch at high speed was used in the example mentioned above, solid state switches, such as a thyristor of other formats and a transistor, can also be used. moreover, the unit equipped with a capacitor, a solid state switch, and a magnetic core in the example mentioned above -- ten pieces -- or although five pieces were prepared, the number can be set as arbitration in consideration of an electrical potential difference, a required output high voltage, etc. of DC power supply. However, when establishing two or more magnetic-core trains like the 1st example, considering as even pieces is suitable for the number of a magnetic core. furthermore, 2 sets of sense of the Taira form thyristor of these Taira type thyristor train becomes opposite using the magnetic-core train of an example and Taira form thyristor train which were shown in drawing 10 -11 -- as -- juxtaposition -- arranging -- a U character-like secondary -- it can also let a conductor pass one by one in two magnetic-core trains.

[0038] As mentioned above, since the high voltage is not impressed to the circuit by the side of primary in the switching equipment for pulse power generating by this invention, the insulation between a primary side circuit and a component does not need to become easy, and it is not necessary to adopt special insulating means, such as oil immersed. moreover -- although the high voltage is impressed to the circuit of a secondary -- this example -- like -- two or more secondaries -- one insulated conductor 27 which bears a conductor easily at the available high voltage -- with, since it constitutes, a problem does not arise at all. furthermore -- such -- a secondary -- since a conductor is constituted from one conductor 27, a stray inductance can be made into min and a high-frequency property can be improved. Furthermore, since a magnetic-core train, a solid state switch train, and a capacitor train are arranged in parallel mutually, the configuration of the whole equipment becomes simple, and a space factor also becomes good and it becomes still easier [ manufacture ].

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

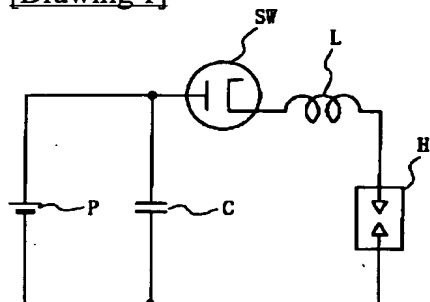
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

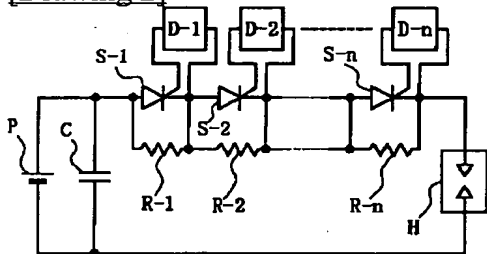
DRAWINGS

---

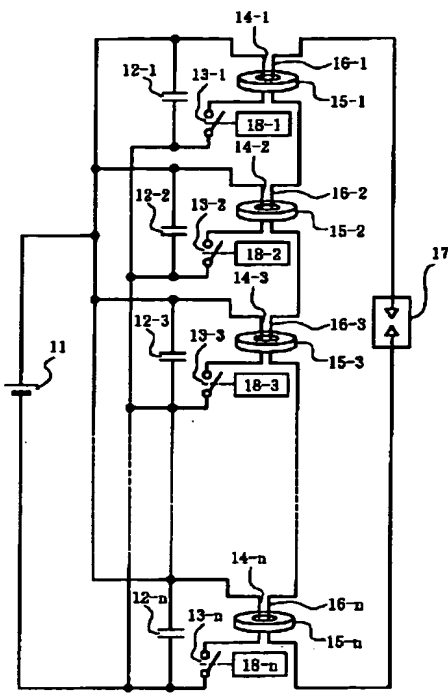
[Drawing 1]



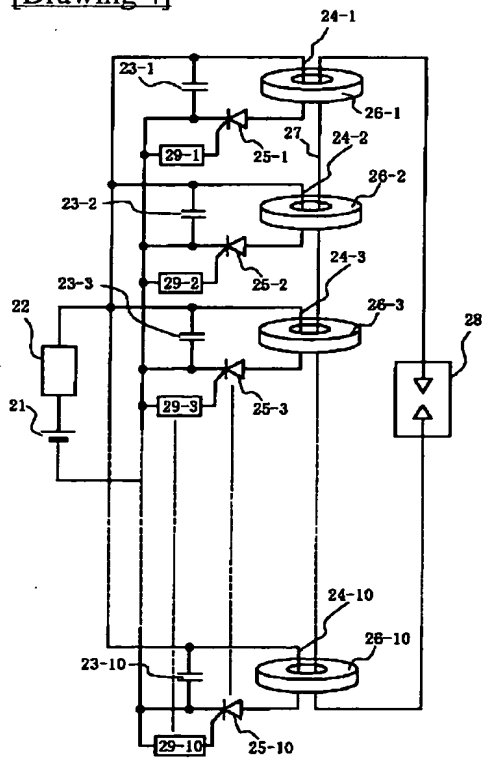
[Drawing 2]



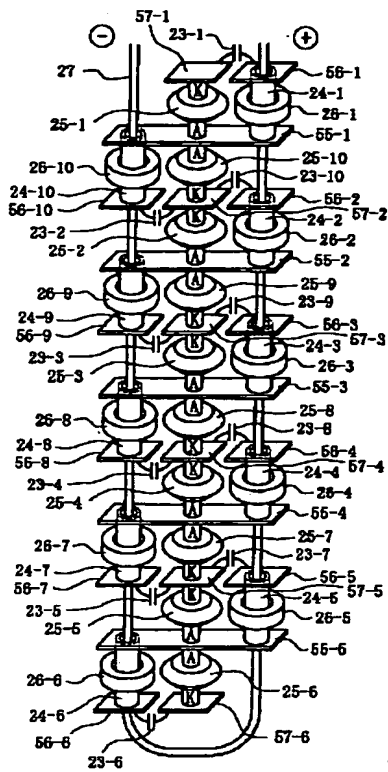
[Drawing 3]



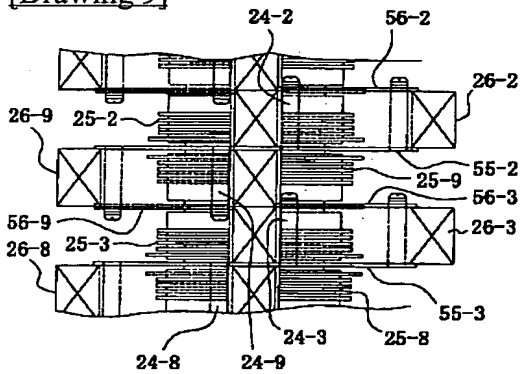
[Drawing 4]



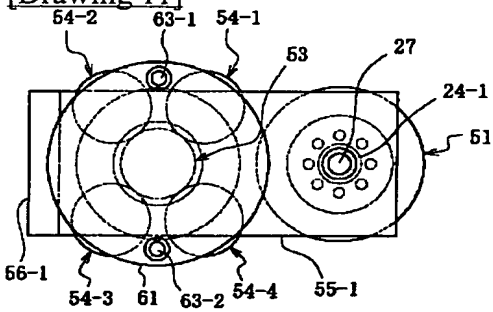
[Drawing 8]



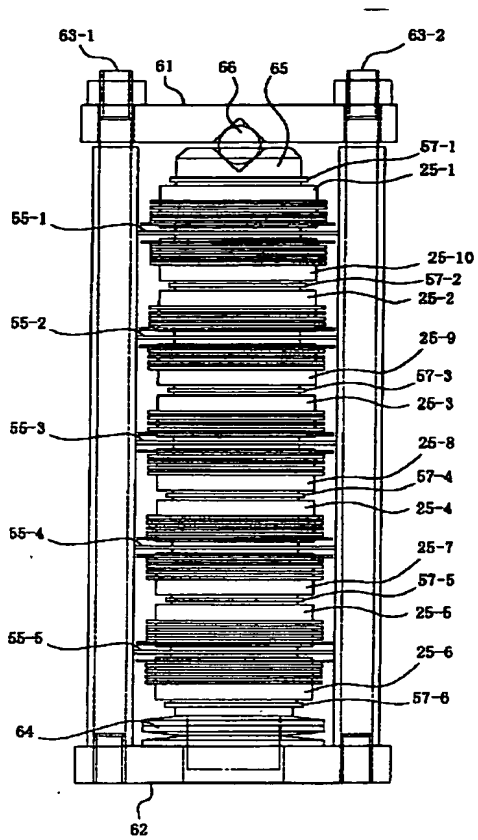
[Drawing 9]



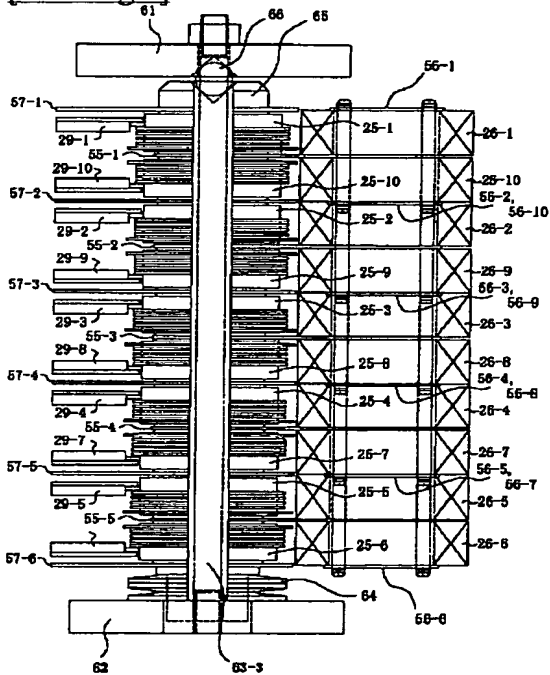
[Drawing 11]



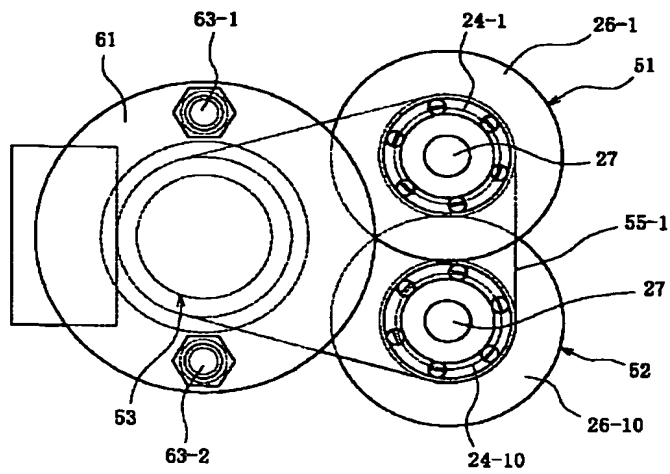
[Drawing 5]



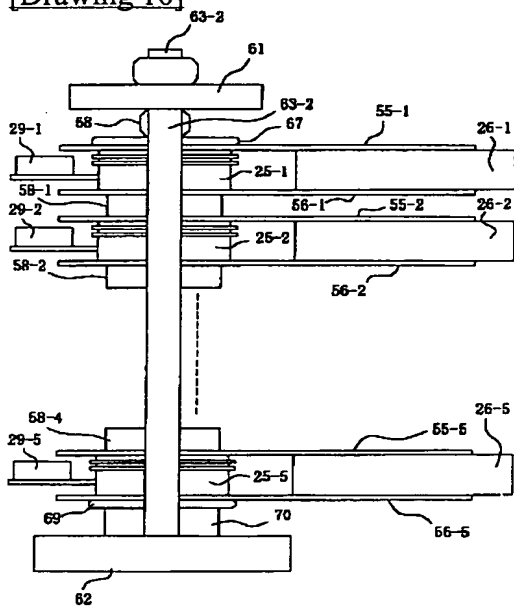
[Drawing 6]



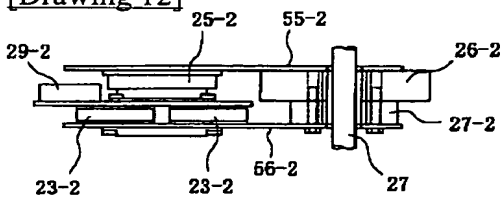
[Drawing 7]



[Drawing 10]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-44965

(P2002-44965A)

(43)公開日 平成14年2月8日(2002.2.8)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマート(参考)

H 0 2 M 9/04

H 0 2 M 9/04

C 5 H 7 9 0

H 0 3 K 17/80

H 0 3 K 17/80

Z 5 J 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2000-222362(P2000-222362)

(22)出願日 平成12年7月24日(2000.7.24)

(71)出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72)発明者 飯田 克二

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72)発明者 波多野 達彦

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74)代理人 100059258

弁理士 杉村 暁秀 (外2名)

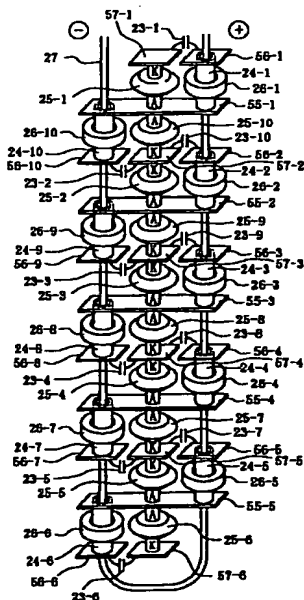
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パルス電力発生用スイッチ装置

(57)【要約】

【課題】複数の半導体スイッチの特性にばらつきがあったり、ターンオンするタイミングにばらつきがあっても半導体スイッチに過大な電圧が印加されて破壊することがなく、駆動回路間に絶縁を施す必要がなく、構成が簡単で、製造が容易なパルス電力発生用スイッチ装置を提供する。

【解決手段】直流電源に複数のコンデンサ23を並列に接続し、これらコンデンサの各々と並列に平形半導体スイッチ25と1次側導体24の直列回路を接続し、各1次側導体は複数の磁気コア25の各々と磁氣的に結合されている。これら磁気コアの各々と磁氣的に結合された1本の2次側導体27を設ける。磁気コア列および平形半導体スイッチ列を平行に配置し、磁気コア列の中心開口に円筒状の1次側導体24を設け、2次側導体27を磁気コア列に直線的に挿通する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の磁気コアを同心的に配置した磁気コア列の少なくとも1列と、複数の平行半導体スイッチを同心的に配置した平行半導体スイッチ列の少なくとも1列とを互いに平行に設け、前記平行半導体スイッチ列の両端にそれぞれ押え板を配置し、これら押え板の間で平行半導体スイッチ列を弾性部材を介して保持し、前記磁気コア列の複数の磁気コアの各々の中心開口を貫通する導電材料の円筒で構成される1次側導体の一端を、配列方向と直交する方向に延在する第1の電極部材を介してそれぞれの平行半導体スイッチの一方の主電極に接続し、前記それぞれの磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の他端を、配列方向と直交する方向に前記第1の電極部材と平行に延在する第2の電極部材を介してそれぞれコンデンサの一方の端子に接続し、それぞれのコンデンサの他端をそれぞれの平行半導体スイッチの他方の主電極に接続し、前記第2の電極部材を直流電源の一方の端子に共通に接続すると共にそれぞれのコンデンサと平行半導体スイッチの他方の主電極との接続点を直流電源の他方の端子に共通に接続するように構成し、前記磁気コア列の複数の磁気コアの中心開口を直線的に貫通する1本の導体で構成された2次側導体を設け、前記複数の平行半導体スイッチの各々をそれぞれ駆動する複数の駆動回路を設けたことを特徴とするパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項2】それぞれ同数の磁気コアを有する第1および第2の磁気コア列と、全ての磁気コアの個数に等しい平行半導体スイッチを有する1列の平行半導体スイッチ列とを互いに平行に並べて配置し、この平行半導体スイッチ列においては、順次の平行半導体スイッチが逆向きとなるように配列すると共に順次の平行半導体スイッチを前記第1および第2の磁気コア列の磁気コアの1次側導体に交互に接続し、前記2次側導体を、前記第1の磁気コア列の中心開口を第1の方向から直線状に貫通し、ほぼU字状に曲げられた後、前記第2の磁気コア列の中心開口を第1の方向とは反対の第2の方向から貫通する1本の導体で構成したことを特徴とする請求項1に記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項3】前記第1の磁気コア列の各磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の一端を対応する平行半導体スイッチの一方の主電極に接続する第1の電極部材を、前記第2の磁気コア列の対応する磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の一端を対応する半導体スイッチの一方の主電極に接続する第1の電極部材とを一体に構成したことを特徴とする請求項2に記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項4】前記第1および第2の磁気コア列を、その配列方向に見て、磁気コアが部分的に重なるように配置したことを特徴とする請求項2または3の何れかに記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項5】前記磁気コア列の1列と、前記平行半導体スイッチ列の1列とを互いに平行に並べて配置し、この平行半導体スイッチ列においては、順次の平行半導体スイッチを同じ方向に配列するとともに順次の平行半導体スイッチの間を絶縁分離し、前記2次側導体を前記磁気コア列の中心開口を貫通する直線状の導体で構成したことを特徴とする請求項1に記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項6】第1および第2の磁気コア列と、第1および第2の平行半導体スイッチ列とを互いに平行に並べて配置し、第1の平行半導体スイッチ列においては、順次の平行半導体スイッチを同じ方向に配列するとともに順次の平行半導体スイッチの間を絶縁分離し、第2の平行半導体スイッチ列においては、順次の平行半導体スイッチを、前記第1の平行半導体スイッチ列における平行半導体スイッチの配列方向とは反対の方向に配列するとともに順次の平行半導体スイッチの間を絶縁分離し、前記2次側導体を前記第1の磁気コア列の中心開口を第1の方向から直線状に貫通し、ほぼU字状に曲げられて前記第2の磁気コア列の中心開口を第1の方向とは反対の第2の方向から直線状に貫通する1本の導体で構成したことを特徴とする請求項1に記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

【請求項7】前記平行半導体スイッチを、静電誘導サイリスタとし、前記駆動回路をゲート駆動回路としたことを特徴とする請求項1～6の何れかに記載のパルス電力発生用スイッチ装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術】本発明は、高電圧大電流のパルス電力を発生させるための半導体スイッチ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、プラズマを発生させるために急峻に立ち上がりかつ数十KVから数百KVの高電圧で、数千Aの大電流のきわめて幅の狭いパルスを生成して放電させる必要がある。図1は、このような放電回路の概念図を示すものである。エネルギー蓄積素子である静電容量を構成するキャパシタCを、図示しない電流抑制素子により通常ミリ秒オーダーの時間をかけて直流電源Pの高電圧E<sub>0</sub>まで充電した後、超高速のスイッチング動作を行うスイッチング素子SWをスイッチオンし、きわめてインダクタンスの低い導体（そのインダクタンスをLで示す）を介して放電部Hに高電圧を印加して放電させるように構成されている。

【0003】従来、超高速のスイッチング素子SWとしては、高電圧・大電流で動作することができる真空管の一種であるサイラトロンが一般に使用されてきたが、次に述べるような問題がある。

(1) 高い繰り返し周波数での動作ができない。

(2) ミス点弧による動作不良がある。

(3) 寿命が短く、メンテナンスが面倒であり、コストが高む。

(4) ヒータ回路やガスコントロールが必要であり、構成が複雑である。

(5) 特にスイッチングオン時にジッタがあり、動作の信頼性に欠ける。

【0004】一方、近年半導体スイッチはパワーエレクトロニクスとともに発展してきており、高電圧・大電流で高速スイッチングが可能なものが出現しつつある。中でも静電誘導サイリスタ（通常SIサイリスタと称されている）がパルスパワー用の半導体スイッチとして注目されている。しかしながら、このようなSIサイリスタを従来のスイッチであるサイラトロンに直接置き換えるには耐電圧が大きく不足しているため、図2に示すように、多数のSIサイリスタS-1～S-nを直列に接続して回路電圧を分担するようにしている。

【0005】上述したように従来のパルス電力発生用スイッチ回路においては、直流電源Pを高電圧とする必要があり、大規模なものとなり、またコンデンサCも高耐圧のものとする必要があるため、大型で高価なものが必要になると共に多数のSIサイリスタS-1～S-nを直列に接続した半導体スイッチにおいては、以下のような問題がある。

【0006】半導体スイッチの特性、特に電圧印加オフ時の漏れ電流のばらつきによる分担電圧のアンバランスがあり、多数の半導体スイッチの特性をできるだけ合わせるための素子選別が必要となる。しかしながら、この素子選別にも限界があるので、アンバランス調整のために図2に示すように各サイリスタS-1～S-nと並列にバラクタ抵抗R-1～R-nを接続している。このバラクタ抵抗R-1～R-nには、サイリスタS-1～S-nを流れる漏れ電流の10倍程度の大きな電流を流す必要があり、抵抗によって大きな損失が発生し、効率が低下する問題がある。また、バラクタ抵抗R-1～R-nで発生する熱の処理問題もある。さらに各サイリスタの対地浮遊容量のバラツキによるターンオン時過渡電圧分担のアンバランスも大きな問題点として挙げられる。

【0007】多数のサイリスタS-1～S-nのトリガタイミングにばらつきがあると、ターンオンが遅れたサイリスタに過大な電圧が印加され、これを破壊してしまうので、多数のサイリスタS-1～S-nのトリガタイミングを正確に一致させる必要がある。しかしながら、多数のサイリスタS-1～S-nのトリガタイミングを正確に一致させることは非常に困難である。同様に、誤動作によって一つのサイリスタがターンオンしてしまう場合、他のサイリスタに過電圧が印加され、これを破壊してしまうという問題がある。

【0008】図2に示すように、サイリスタS-1～S-nを駆動するゲート駆動回路D-1～D-nが各サイ

リスタ毎に設けられているが、多数のサイリスタで高電圧を分担しているため、これらのゲート駆動回路D-1～D-nの電位は大きく異なるため、各ゲート駆動回路の電源およびゲート駆動信号は互いに絶縁する必要がある。この場合の絶縁耐圧は数十KVにも達し、回路構成が非常に複雑となると共に動作の信頼性の点でも大きな問題となる。

【0009】直列に接続されたサイリスタS-1～S-nにも数十KVの高電圧が印加されるため、シャージなどの機構部分との間を油入り絶縁としたり、多大の工夫が必要とされるのに加えて、完全な絶縁を行うことは難しく、やはり動作の信頼性に問題がある。

【0010】本発明者等は、上述した従来の多数の半導体スイッチを直列に配置したスイッチング回路の種々の欠点を解消若しくは軽減し、半導体スイッチのばらつきがあったり、トリガタイミングにばらつきがあっても半導体スイッチに過大な電圧が印加されず、したがって破壊することがなく、しかも駆動回路間に高度の絶縁を施す必要がないパルス電力発生用スイッチ回路を既に提案している。

【0011】このパルス電力用スイッチ回路は、共通の直流電源と並列に複数のコンデンサを接続し、これらコンデンサの各々と並列に、複数の磁気コアの各々と磁気的に結合された1次側導体を経てそれぞれ半導体スイッチを接続し、前記複数の磁気コアの各々に磁気的に結合された複数の2次側導体を、各磁気コアにおいて発生される誘導電圧が加算されるように直列に接続したものである。

【0012】このようなパルス電力発生用スイッチ回路においては、各半導体スイッチには高電圧を分担する電圧が印加されることがないので、半導体スイッチの特性にばらつきがあっても半導体スイッチが破壊してしまうような問題は起こらない。また、すべての半導体スイッチには同じ電圧が印加されるため、駆動回路間に高電圧が印加されることがなく、したがって駆動回路の電源および信号間を互いに絶縁する必要はなく、同一の直流電源および駆動信号ですべての駆動回路を動作させることができる。さらに、直流電源やコンデンサも従来に比べて高電圧のものを必要としないので、特別の構成のものを使用する必要はなく、通常容易に入手できる直流電源やコンデンサを使用でき、コストも低減できる。

【0013】

【発明が解決すべき課題】このようなパルス電力発生用スイッチ回路においては、1次側導体および2次側導体を磁気コアの中心開口にどのように通すのが実際のスイッチ装置を製作する上では重要となる。特に2次側導体による漂遊インダクタンスをできるだけ小さくして、高周波での動作に適するようにするには2次側導体をどのように配置するのが問題となる。さらにパルス電力発生用スイッチ装置全体としてコンパクトに構成すると

共に製造プロセスも簡単となるようにする必要がある。

【0014】したがって、本発明の目的は、上述したような回路構成を有するパルス電力発生用スイッチ装置において、複数の磁気コア、半導体スイッチおよびコンデンサを効率よく配置すると共に、1次側導体および2次側導体を適切に配置することによって、高周波動作に適しており、コンパクトに構成することができ、しかも製造プロセスも簡単となるようなパルス電力発生用スイッチ装置を提供しようとするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置は、複数の磁気コアを同心的に配置した磁気コア列の少なくとも1列と、複数の平形半導体スイッチを同心的に配置した平形半導体スイッチ列の少なくとも1列とを互いに平行に設け、前記平形半導体スイッチ列の両端にそれぞれ押え板を配置し、これら押え板の間で平形半導体スイッチ列を適切な圧接力を与えるための弾性部材を介して保持し、前記磁気コア列の複数の磁気コアの各々の中心開口を貫通する導電材料の円筒で構成される1次側導体の一端を、配列方向と直交する方向に延在する第1の電極部材を介してそれぞれの平形半導体スイッチの一方の主電極に接続し、前記それぞれの磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の他端を、配列方向と直交する方向に前記第1の電極部材と平行に延在する第2の電極部材を介してそれぞれコンデンサの一方の端子に接続し、それぞれのコンデンサの他端をそれぞれの平形半導体スイッチの他方の主電極に接続し、前記第2の電極部材を直流電源の一方の端子に共通に接続すると共にそれぞれのコンデンサと平形半導体スイッチの他方の主電極との接続点を直流電源の他方の端子に共通に接続するように構成し、前記磁気コア列の複数の磁気コアの中心開口を直線的に貫通する1本の導体で構成された2次側導体を設け、前記複数の平形半導体スイッチの各々をそれぞれ駆動する複数の駆動回路を設けたことを特徴とするものである。

【0016】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の好適な実施例においては、それぞれ同数の磁気コアを有する第1および第2の2列の磁気コア列と、全ての磁気コアの個数に等しい平形半導体スイッチを有する1列の平形半導体スイッチ列とを互いに平行に並べて配置し、この平形半導体スイッチ列においては、順次の平形半導体スイッチが逆向きとなるように配列すると共に順次の平形半導体スイッチを前記第1および第2の磁気コア列の磁気コアの1次側導体に交互に接続し、前記2次側導体を、前記第1の磁気コア列の中心開口を第1の方向から直線状に貫通し、ほぼU字状に曲げられた後、前記第2の磁気コア列の中心開口を第1の方向とは反対の第2の方向から貫通する1本の導体で構成する。このような実施例においては、前記第1の磁気コア列の各磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の一端を対応する

平形半導体スイッチの一方の主電極に接続する第1の電極部材を、前記第2の磁気コア列の対応する磁気コアの中心開口を貫通する1次側導体の一端を対応する半導体スイッチの一方の主電極に接続する第1の電極部材とを一体に構成するのが好適である。このように、第1および第2の磁気コア列を設けた実施例においては、これら第1および第2の磁気コア列を、その配列方向に見て、磁気コアが部分的に重なるように配置することによって一層コンパクトとすることができる。

10 【0017】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の他の実施例においては、前記磁気コア列の1列と、前記平形半導体スイッチ列の1列とを互いに平行に並べて配置し、この平形半導体スイッチ列においては、順次の平形半導体スイッチを同じ方向に配列するとともに順次の平形半導体スイッチの間を絶縁分離し、前記2次側導体を前記磁気コア列の中心開口を貫通する直線状の1本の導体で構成する。

20 【0018】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置のさらに他の実施例においては、第1および第2の磁気コア列と、第1および第2の平形半導体スイッチ列とを互いに平行に並べて配置し、第1の平形半導体スイッチ列においては、順次の平形半導体スイッチを同じ方向に配列するとともに順次の平形半導体スイッチの間を絶縁分離し、第2の平形半導体スイッチ列においては、順次の平形半導体スイッチを、前記第1の平形半導体スイッチ列における平形半導体スイッチの配列方向とは反対の方向に配列するとともに順次の平形半導体スイッチの間を絶縁分離し、前記2次側導体を前記第1の磁気コア列の中心開口を第1の方向から直線状に貫通し、ほぼU字状に曲げられて前記第2の磁気コア列の中心開口を第1の方向とは反対の第2の方向から直線状に貫通する1本の導体で構成する。

30 【0019】さらに、本発明においては、前記平形半導体スイッチを静電誘導サイリスタとし、前記駆動回路をゲート駆動回路とするのが特に好適である。この場合、各ゲート駆動回路の電位は同じとなるので、これらを相互に絶縁する必要がなくなり、これらゲート駆動回路の配置に対して余裕が生じることになり、これによってもコンパクト化が図れると共に製造プロセスの簡易化が図れることになる。

40 【0020】

【発明の実施の形態】図3は本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の基本的な回路構成を示す回路図である。直流電源11に複数のコンデンサ12-1~12-nを並列に接続し、これらコンデンサの各々と並列に半導体スイッチ13-1~13-nと1次側導体14-1~14-nの直列回路を接続する。各1次側導体14-1~14-nは複数の磁気コア15-1~15-nの各々に磁気的に結合されている。さらにこれら複数の磁気コア15-1~15-nの各々と磁気的に結合された複

数の2次側導体16-1~16-nを互いに直列に接続して設ける。これらの2次側導体16-1~16-nの直列回路の両端を放電部17に接続する。また、複数の半導体スイッチ13-1~13-nは駆動回路18-1~18-nによってオンオフが制御される。

【0021】このような本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の動作を次に説明する。まず、全ての半導体スイッチ12-1~12-nをオフ状態として直流電源11から複数のコンデンサ12-1~12-nを図示しない電流抑制機能により比較的ゆっくりと同時に充電する。今、直流電源11の電圧をEとすると、各コンデンサ12-1~12-nの端子電圧もEまで充電される。後述するように、この直流電源11の電圧Eは、所望の出力電圧をE<sub>0</sub>とすると、そのn分の1となっている。

【0022】次に、駆動回路18-1~18-nを同時に駆動して半導体スイッチ13-1~13-nを同時にターンオンし、コンデンサ12-1~12-nの各々の電荷を1次側導体14-1~14-nの各々を経て放電させる。このようにして1次側導体14-1~14-nを流れる放電電流によって2次側導体16-1~16-nの各々に2次電圧が誘起される。今、1次側導体14-1~14-nおよび2次側導体16-1~16-nによる漂遊インダクタンスを小さくするために、これらの導体は磁気コアに1回巻回されているものとする。この場合には、1次側導体14-1~14-nと2次側導体16-1~16-nとの間の巻線比は1となり、これらの2次側導体16-1~16-nの各々には直流電源11の電圧と等しい電圧Eが誘起される。また、これらの2次側導体16-1~16-nは、それぞれに誘起される電圧が加算されるように直列に接続されているので、これらの2次側導体16-1~16-nの直列回路の両端には $n \times E = E_0$ の所望の高電圧が現れることになる。

【0023】このような本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置においては、半導体スイッチ13-1~13-nの特性にばらつきがあり、同時にターンオンとならなくても半導体スイッチに過度の高電圧が印加されることはなく、したがって破壊するようなことはない。また、全ての半導体スイッチ13-1~13-nには同じ電圧が印加されるので、駆動回路18-1~18-nには高電圧が印加されることはなく、したがってこれらの駆動回路の電源および駆動信号を互いに絶縁する必要はない。さらに、直流電源11は高電圧を発生する必要はなく、コンデンサ12-1~12-nも高電圧のものを使用する必要はない。このように回路構成自体は図1に示した従来のパルス電力発生用スイッチ回路よりも若干複雑となるが、個々の素子は高耐圧のものとする必要はなく、しかも特別な絶縁を施す必要もないので、全体としての構成はきわめて簡単となり、コストも低減するこ

とになる。

【0024】図4は、 $n=10$ の場合の本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の一実施例の回路構成を示す回路図である。直流電源21と直列に限流抵抗22を接続し、これら直流電源および限流抵抗の直列回路と並列に10個のコンデンサ23-1~23-10を接続する。これらコンデンサ23-1~23-10の一方の端子を1次側導体24-1~24-10の各々を経て平形（プレスバック形）半導体スイッチ、本例では平形静電誘導サイリスタ25-1~25-10のアノードに接続し、これらサイリスタのカソードをコンデンサ23-1~23-10の他方の端子に接続する。1次側導体24-1~24-10の各々は磁気コア26-1~26-10に1ターン巻回されている。さらに、複数の磁気コア26-1~26-10には2次側導体として作用する1本の導体27を直列に通し、この導体の両端を放電部28に接続する。また、複数のサイリスタ25-1~25-10の各々のカソードとゲートとの間にはそれぞれゲート駆動回路29-1~29-10を接続する。

【0025】本例のパルス電力発生用スイッチ回路の動作は上述した図3に示した基本回路の動作と同様であるのでその詳細な説明は省略する。本例では、使用する半導体スイッチの耐電圧を数kVとすると直流電源21も数kVとなるため放電部28に数十kVの高電圧を出力することが可能となる。直流電源21は数kVのものであれば良く、この程度の電源であれば使用する部品も特殊なものではなく、また油入りのような高度の絶縁も必要ないので、簡単で安価なものとすることができる。さらに、コンデンサ23-1~23-10やサイリスタ25-1~25-10も数kV程度の耐圧のもので足り、小型で安価なものとすることができる。しかも、全てのサイリスタ25-1~25-10のカソードは同電位となっているので、ゲート駆動回路29-1~29-10間に高電圧が印加されることはなく、これらを相互に絶縁する必要はない。

【0026】図5~9は、本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の第1の実施例を示すもので、図5は、その全体の構成を示す正面図、図6は同じくその一部を断面で示す側面図、図7は同じくその1ユニットの平面図、図8は磁気コア列および半導体スイッチ列の配置を示す斜視図、図9は2列の磁気コア列の一部分を示す側面図である。本例では10個の磁気コア26-1~26-10を、それぞれが5つの磁気コアを同心的に配列した第1および第2の磁気コア列51および52に分け、これら第1および第2の磁気コア列を互いに並列に配置する。

【0027】また、10個の平形サイリスタ25-1~25-10を同心的に配列した平形サイリスタ列53を、第1および第2の磁気コア列51および52と平行に配置する。この平形サイリスタ列53においては、順次の

平形サイリスタのアノード同士およびカソード同士が接続されるようにその向きを交互に変えて配列すると共に順次の平形半導体スイッチを、第1および第2の磁気コア列51および52の磁気コアの1次側導体に交互に接続する。また、順次の平形サイリスタの間には、所望の配線を行うための導電板が積層されている。すなわち、第1の平形サイリスタ25-1のアノードと、第10の平形サイリスタ25-10のアノードとが第1の電極部材55-1を介して積層され、この第10の平形サイリスタ25-10のカソードと第2の平形サイリスタ25-2のカソードとが第2の電極部材57-2を介して積層され、この第2の平形サイリスタ25-2のアノードと、第9の平形サイリスタ25-9のアノードとが第1の電極部材55-2を介して積層され、以下同様に、順次の平形サイリスタのアノード同士が第1の電極部材を介して積層され、カソード同士が第2の電極部材を介して積層されている。なお、第1の平形サイリスタ25-1のカソードは第2の電極部材57-1に接続され、一番下側の第6の平形サイリスタ25-6のカソードは第2の電極部材57-6に接続されている。

【0028】本例においては、コンデンサ23-1~23-10を設けるが、これらのコンデンサは1本または複数本の列に配列し、このコンデンサ列を第1および第2の磁気コア列51および52およびサイリスタ列53と平行に配置するが、図5~9では省略する。本発明においては、これらのコンデンサは必ずしも列状に配列する必要はなく、サイリスタ列53の周囲に分散するように配置してスペースファクタを改善することもできる。

【0029】図9は、主として磁気コア26-2、26-3、26-8、26-9の部分を示すものであるが、これらの磁気コアの中心開口を貫通して延在する1次側導体24-2、24-3、24-8、24-9は、それぞれ導電性の円筒で形成されている。ここで、図8にも示すように、磁気コア26-2の中心開口に設けられた1次側導体24-2の一端（図面では下端）と、隣接する磁気コア26-9の中心開口に設けられた1次側導体24-9の他端（図面では上端）とは、第2の平形サイリスタ25-2のアノードと第9の平形サイリスタ25-9のアノードとの間に介挿された第1の電極部材55-2に共通に連結されており、同様に磁気コア26-3の中心開口に設けられた1次側導体24-3の一端（図面では下端）と、隣接する磁気コア26-8の中心開口に設けられた1次側導体24-8の他端（図面では上端）とは、第3の平形サイリスタ25-3のアノードと第8の平形サイリスタ25-8のアノードとの間に介挿された第1の電極部材55-3に共通に連結されている。また、磁気コア26-2の中心開口に設けられた1次側導体24-2の他端（図面では上端）は導電部材56-2に連結されており、隣接する磁気コア26-9の中心開口に設けられた1次側導体24-9の一端（図面

では下端）は導電部材56-9に連結されている。

【0030】図4および8に示すように、第1の電極部材55-1~55-5は、それぞれ平形サイリスタ25-1、25-10；25-2、25-9；…25-5、25-6のアノード間に介挿されている。また、導電部材56-1~56-10は、それぞれコンデンサ23-1~23-10の一方の端子に接続されており、これらのコンデンサの他方の端子は、それぞれ平形サイリスタ25-1~25-10のカソードに接続されている。さらに、図6に示すように、平形サイリスタ25-1~25-10のゲートは、それぞれゲート駆動回路29-1~29-10に接続されている。また、導電部材56-1は第2の電極部材57-1と同じレベルに配置され、導電部材56-2と56-10は第2の電極部材57-2と同じレベルに配置され、以下同様に、導電部材と第2の電極部材とが同じレベルに配置されている。

【0031】図6に示すように、第1および第2の磁気コア列51および52は、第1の電極部材55-1~55-5と導電部材56-1~56-10によって支持されており、図8に示すように、第1の磁気コア列51の互いに整列された中心開口を貫通するように2次側導体27が直線的に挿通され、さらにこの2次側導体は、最下層の磁気コア26-5の中心開口を出た後、ほぼU字状に折り返され、第2の磁気コア列52の互いに整列された中心開口を直線的に貫通するように配置されている。したがって、本例では、2次側導体の両端は装置の同じ側から取り出されることになる。

【0032】また、平形サイリスタ列53を、上部円板61および下部円板62の間に挟み、これらの円板を2本のシャフト63-1および63-2で連結する。本例では、平形サイリスタ列53に所定の圧接力が均一に加わるようにするために、平形サイリスタ列の下端と下部円板62との間には皿ばね64を介挿し、平形サイリスタ列の上端に設けた保持部材65と上部円板61との間にはボール66を介挿する。

【0033】図10~12は、本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の第2の実施例の構成を示すものであり、上述した第1の実施例と同様の部分には同じ符号を付けて示した。本例では、5個の磁気コア26-1~26-5を同心的に配列して1本の磁気コア列51を構成し、5個の平形サイリスタ25-1~25-5を同心的に配列して1本の平形サイリスタ列53を構成する。また、平形サイリスタ列53の周りに4本のコンデンサ列54-1~54-4を配置する。これら磁気コア列51、平形サイリスタ列53およびコンデンサ列54-1~54-4を互いに平行に配列する。

【0034】磁気コア列51の互いに整列された中心開口には、1本の2次側導体27が直線的に挿通されている。また、各磁気コア26-1~26-5の中心開口には絶縁リングを介して導電性の円筒より成る1次側導体

24-1~24-5が挿通されている。これら1次側導体24-1~24-5のそれぞれの上端を第1の電極部材55-1~55-5を介してそれぞれのサイリスタ25-1~25-5のアノードに接続し、他端を導電部材56-1~56-5を介してそれぞれのコンデンサ23-1~23-5（それぞれのコンデンサは4個のコンデンサの並列接続で構成されている）の一方の端子に接続し、これらコンデンサの他方の端子は第2の電極部材57-1~57-5を介して平形サイリスタのカソードに接続する。図10に明瞭に示すように、順次の平形サイリスタ25-1~25-5を同じ向きに配列し、これら

の間を絶縁スペーサ58-1~58-4によって絶縁分離している。

【0035】平形サイリスタ列53は上部円板61および下部円板62の間に挟持されており、これらの円板は2本のシャフト63-1および63-2で連結されている。ただし、本例では平形サイリスタ列53の上端と上部円板61との間には絶縁ワッシャ67およびスィベルワッシャ68が介挿され、平形サイリスタ列53の下端と下部円板62との間には絶縁ワッシャ69および弾性部材70が介挿されている。

【0036】上述したように、本例では2次側導体27は1本の磁気コア列51を貫通するように配置されているので、その両端は装置の両側から取り出されるものとなる。また、第1の実施例ではこの2次側導体27をU字状に折り返したが、本例では1つの磁気コア列151を直線状に貫通するだけであるので、2次側導体の加工が簡単となる。

【0037】本発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、幾多の変更や変形が可能である。例えば、上述した実施例では、半導体スイッチとして高電圧、大電流を高速でスイッチングするのに適した静電誘導サイリスタを用いたが、他の形式のサイリスタやトランジスタなどの半導体スイッチを用いることもできる。また、上述した実施例ではコンデンサ、半導体スイッチおよび磁気コアを具えるユニットを10個または5個設けたが、その個数は直流電源の電圧や必要な出力高電圧などを考慮して任意に設定することができる。ただし、第1の実施例のように複数の磁気コア列を設ける場合には、磁気コアの個数は偶数個とするのが好適である。さらに、図10~11に示した実施例の磁気コア列および平形サイリスタ列を2組用い、これら平形サイリスタ列の平形サイリスタの向きが反対となるように並列に配置し、U字状の2次側導体を2つの磁気コア列に順次に通すこともできる。

【0038】上述したように本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置においては、1次側の回路には高電圧が印加されないので、1次側回路と構成部分との間の絶縁が容易となり、油入りなどの特殊な絶縁手段を講ずる必要はない。また、2次側の回路には高電圧が印加され

るが、本例のように複数の2次側導体を容易に入手可能な高電圧に耐える1本の絶縁導体27を以て構成するので何ら問題は起こらない。さらに、このように2次側導体を1本の導体27で構成するので、漂遊インダクタンスを最小とすることができ、高周波数特性を改善することができる。さらに、磁気コア列、半導体スイッチ列およびコンデンサ列を互いに平行に配置するので、装置全体の構成は簡易となり、スペースファクタも良好となり、さらに製造も簡単となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】サイラトロンを用いた従来パルス電力発生用スイッチ回路の構成を示す回路図である。

【図2】複数のサイリスタの直列配置を用いた従来のパルス電力発生用スイッチ回路の構成を示す回路図である。

【図3】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の基本的な回路構成を示す回路図である。

【図4】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の一実施例の回路構成を示す回路図である。

【図5】同じくその正面図である。

【図6】同じくその側面図である。

【図7】同じくその平面図である。

【図8】同じくその全体の構成を線図的に示す斜視図である。

【図9】同じくその磁気コア列の一部分の構造を一部を断面として示す側面図である。

【図10】本発明によるパルス電力発生用スイッチ装置の他の実施例の構成を示す側面図である。

【図11】同じくその平面図である。

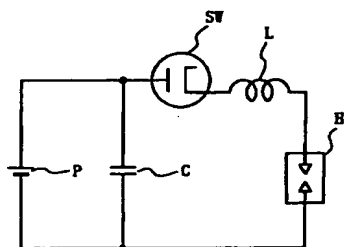
【図12】同じくその1つのユニットの構成を示す側面図である。

#### 【符号の説明】

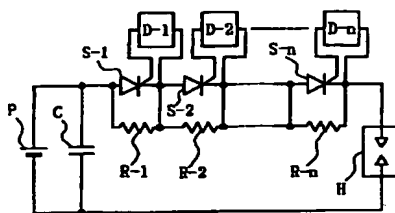
11 直流電源、12-1~12-n コンデンサ、13-1~13-n 半導体スイッチ、14-1~14-n 1次側導体、15-1~15-n 磁気コア、16-1~16-n 2次側導体、17 放電部、18-1~18-n 駆動回路、21 直流電源、22 限流抵抗、23-1~23-10 コンデンサ、24-1~24-10 1次側導体、25-1~25-10 サイリスタ、26-1~26-10 磁気コア、27 2次側導体、28 放電部、29-1~29-10 ゲート駆動回路、51、52 磁気コア列、53 サイリスタ列、54-1~54-4 コンデンサ列、55-1~55-5 第1の電極部材、56-1~56-10 導電部材、57-1~57-10 第2の電極部材、58-1~58-4 絶縁スペーサ、61 上部円板、62 下部円板、63-1~63-3 シャフト、64 皿ばね、65 スペーサ、66 ボール、67 絶縁ワッシャ、68 スィベルワッシャ、69 絶縁ワッシャ、

## 70 弾性部材

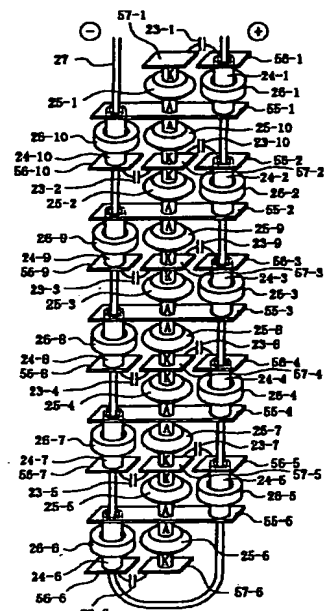
【図1】



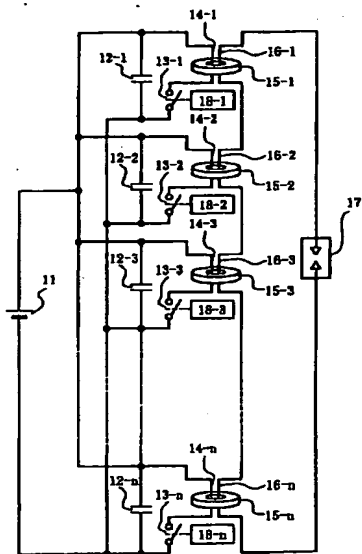
【図2】



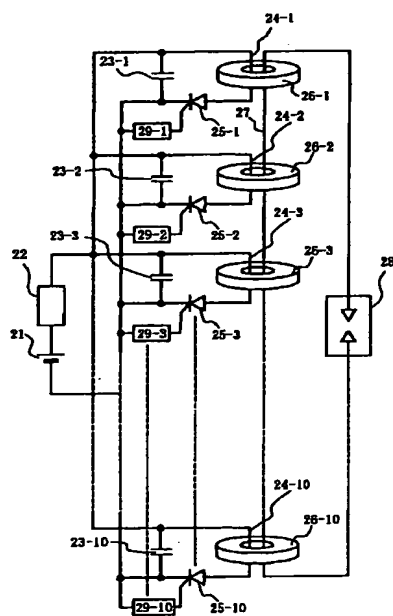
【図8】



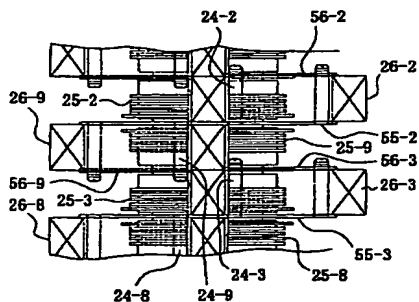
【図3】



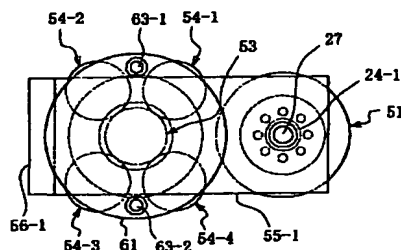
【図4】



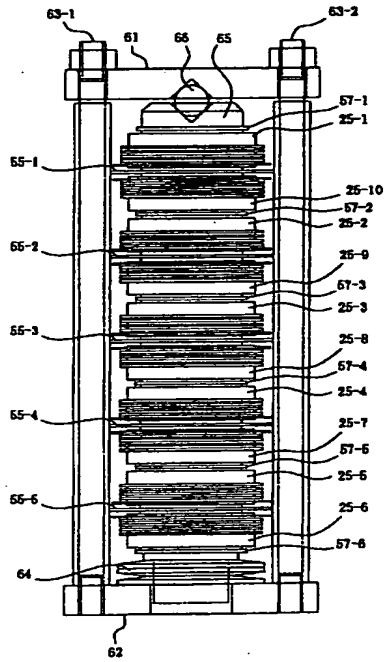
【図9】



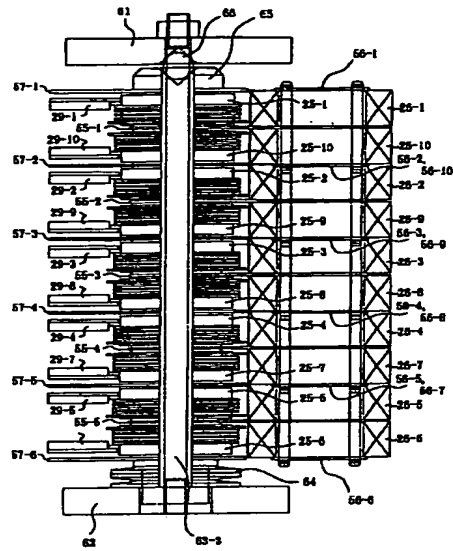
【図11】



【図5】

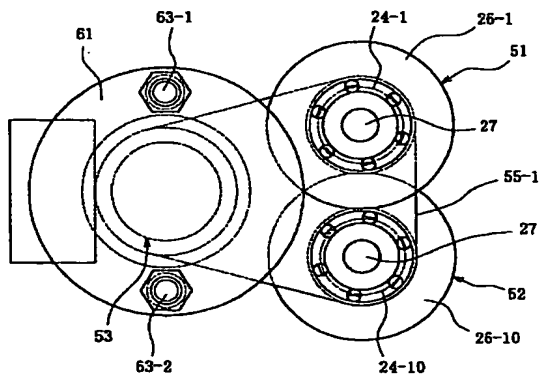


【図6】

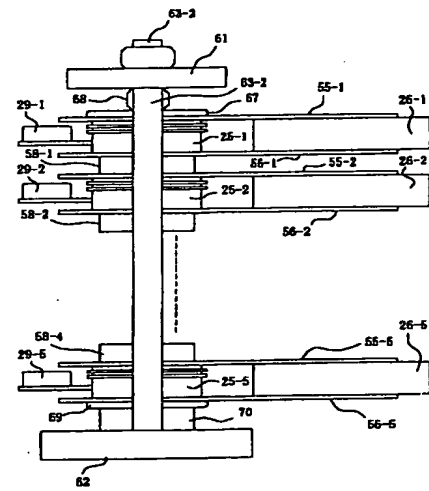
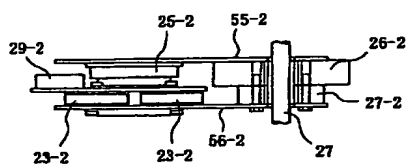


【図10】

【図7】



【図12】





フロントページの続き

(72)発明者 佐久間 健  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
本碍子株式会社内

(72)発明者 塩野谷 亘  
愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日  
本碍子株式会社内

Fターム(参考) 5H790 BB03 BB08 CC01 DD06 EA13

KK07

5J050 AA02 AA32 AA49 CC01 DD12